



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY  
DENMARK

## Laster fra 3-dimensionale bølger på cirkulærcylindriske platformselementer

Frigaard, Peter; Burcharth, Hans F.

*Published in:*  
FTU-seminar, august 1989

*Publication date:*  
1989

*Document Version*  
Tidlig version også kaldet pre-print

[Link to publication from Aalborg University](#)

*Citation for published version (APA):*  
Frigaard, P., & Burcharth, H. F. (1989). Laster fra 3-dimensionale bølger på cirkulærcylindriske platformselementer. I *FTU-seminar, august 1989: session nr. 4.2*

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at [vbn@aub.aau.dk](mailto:vbn@aub.aau.dk) providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

## LASTER FRA 3-DIMENSIONALE BØLGER PÅ CIRKULÆRCYLINDRISKE PLATFORMSELEMENTER

Peter Frigaard og Hans F. Burcharth  
Aalborg Universitetscenter

### Indledning

Et eksperimentelt studium af bølgelaster på cirkulærcylindriske platformselementer er udført.

### Forsøgsopstilling

Eksperimenterne er udført i 3-D bølgebassinet på Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter. (Fig. 1). Vanddybden har været henholdsvis 0,7, 1,0 og 1,2 meter. Bølgehøjderne har ligget i intervallet fra 0.1 meter til 0.3 meter.

En lodret cirkulær cylinder med en diameter på 63,5 mm, og en længde på 1,5 meter er instrumenteret med 12 måleceller, som hver især kan registrere retning og størrelse af bølgekraften. Målecellerne er hovedsageligt placeret i bølgeslagszonen. (Fig. 2).

Hver målecelle består af en 31 mm høj ring, som er monteret på en central bjælke påsat strain-gauges.

I tillæg til kraftmålingerne på de enkelte måleceller kan totalkræfterne på cylinderen måles i bunden og i toppen af cylinderen.

### Forsøgsprogram

Totale og lokale in-line og tværkræfter på cylinderen er målt i et Reynolds tals område på  $0,8 \cdot 10^4 \leq Re \leq 3,3 \cdot 10^4$  og et Keulegan-Carpenter tals område på  $5 \leq KC \leq 15$ .

Simultane målinger af bølgeoverfladen er også målt.

Både regelmæssige bølger, uregelmæssige 2-D bølger (random phase JONSWAP spektre), og kortkammede bølger med en  $\cos^2\theta$  fordeling og nul korrelation mellem komponenterne er anvendt.

## Resultater

Fordelingen af in-line kraften ned langs cylinderen er analyseret og sammenlignet med beregninger foretaget vha. Morisons formel. Partikelkinematik er beregnet ud fra Stokes 5. ordens bølgeteori, og Sarpkayas kraftkoefficienter er anvendt i beregninger, som i overensstemmelse med andres resultater viser, at Morisons formel giver et rimeligt estimat på bølgekraften i fladvandsbølger med lille stejlehed, mens den er mindre anvendelig på stejle bølger. (Fig. 3).

Der er gennemført sammenlignende undersøgelser af bølgekræfter hidrørende fra beregninger, kortkammede (3-dimensionale) bølger og langkammede (2-dimensionale) bølger. Det er fundet, at kræfterne i hovedbølgeudbredelsesretningen er klart mindre i 3-dimensionale bølger end i 2-dimensionale bølger med tilsvarende energiindhold. (Fig. 4). Maksimalkraften er dog kun lidt mindre i de 3-dimensionale bølger, men har gennemgående en retning der er forskellig fra bølgernes hovedudbredelsesretning.

Det vides, at tværkraften normalt har en højere frekvens end in-line kraften, og den er mere irregulær end in-line kraften.

Tværkraftens variation er studeret vha. en korrelationsfunktion eller normaliseret covarians funktion

$$\rho_{F_y F_y}(z, \Delta z) = E[F_y(z) \cdot F_y(z + \Delta z)] / \sqrt{E[F_y^2(z)] \cdot E[F_y^2(z + \Delta z)]}$$

Længdeskalaen  $l_c$  af korrelationsfunktionen kan tolkes som den del af cylinderen, hvor en fuld korreleret tværkraft skal angribe, for at give samme resulterende tværkraft, som den tværkraft, der er fordelt i overensstemmelse med korrelationsfunktionen.

$$l_c = \int_{-\infty}^{\infty} \rho_{F_y F_y}(z, \Delta z) d(\Delta z)$$

Figur 5 viser et eksempel på  $l_c(z = 0)$  fundet i regelmæssige 2-dimensionale bølger.

Blandt andet på grund af de små korrelationslængder vil tværkraften normalt være af mindre betydning ved dimensioneringen af stive cylinderelementer.

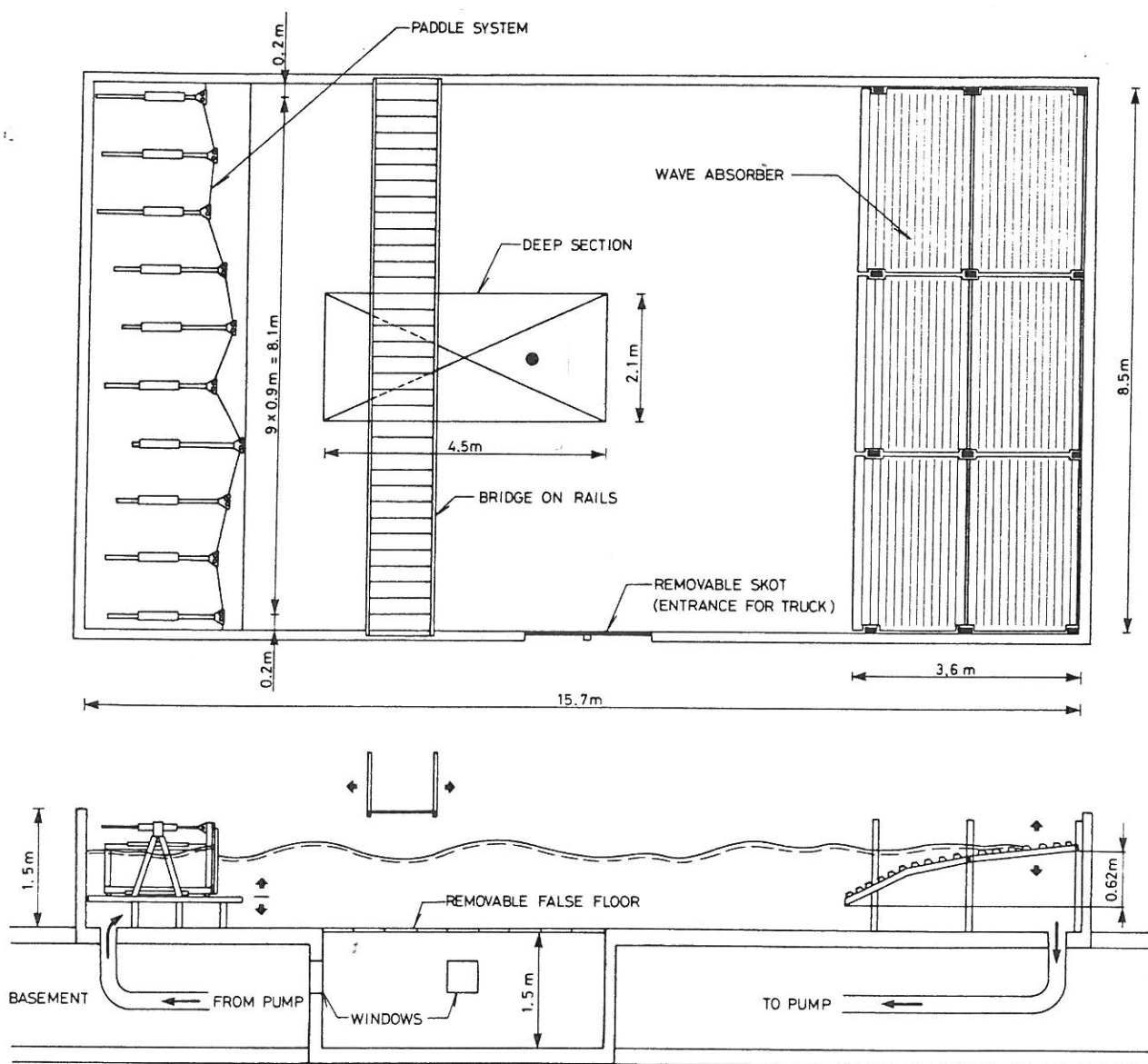
## Perspektiver, bruger- og forskningsmæssigt

De oven for fundne resultater vil, når de er yderligere dokumenterede, have stor betydning for dimensionering af elementer i offshoreplatforme af jacket typen. Imidlertid må det kræves, at der gennemføres kontrorforsøg med en anden type målecylinder, idet det vides, at den anvendte cylinder medfører målefejl, hvis størrelse og karakter ikke kan fastlægges med fornøden nøjagtighed.

Af samme grund har projektet i høj grad omhandlet måletekniske problemstillinger i det hydrodynamiske laboratoriemiljø, men resultatet af disse undersøgelser vil ikke blive refereret her.

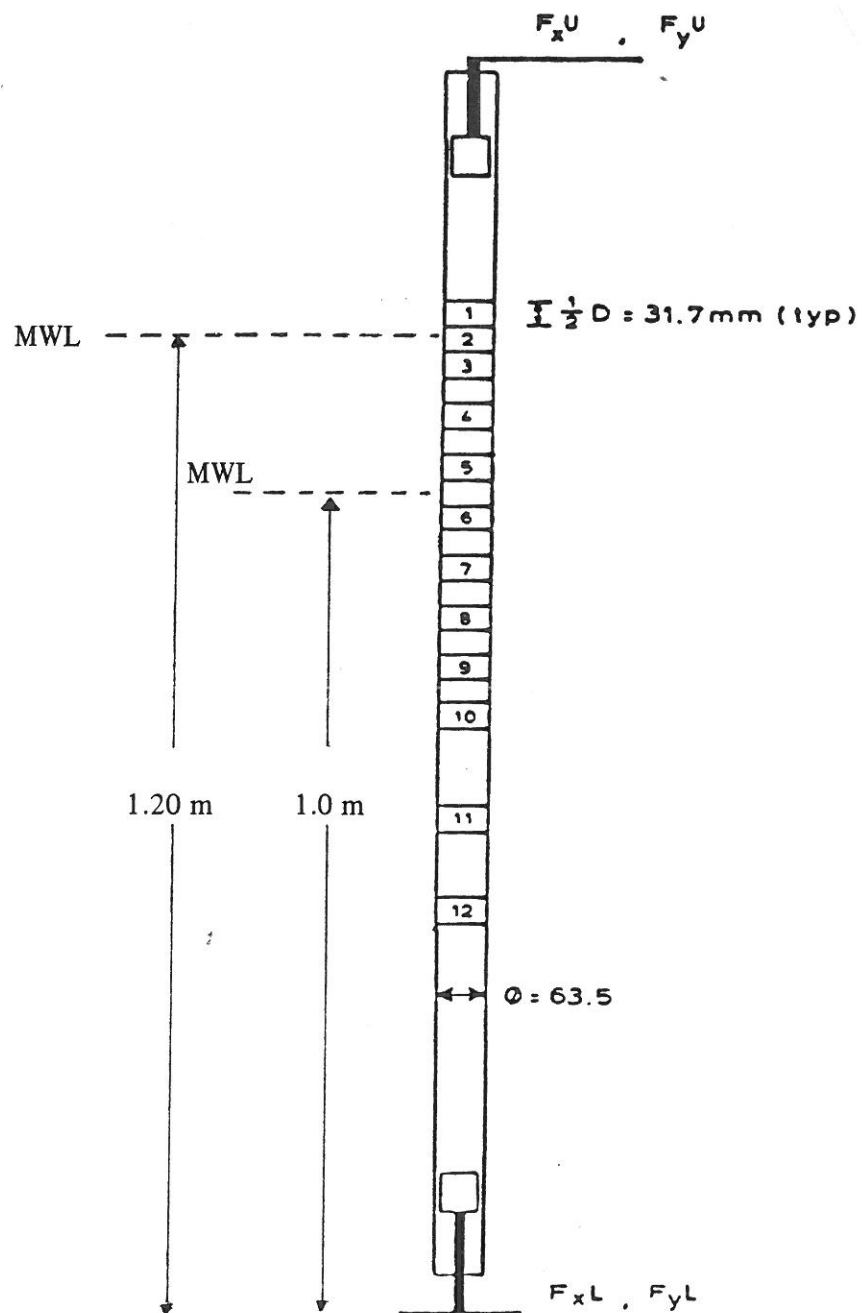
## Referencer

- Aage, C. et al. : *Wave Loads on a Cylinder in 2-D and 3-D Deep Water Waves*. Proc. of 8th Int. Conf. on Offshore Mechanics and Arctic Engineering, The Hague 1989.
- Burcharth, H.F., S.R.K. Nielsen and K. Schaarup-Jensen : *A three dimensional sea facility for deep and shallow water waves*. Proc. OMAE Symposium, Tokyo, 1986.
- Sarpkaya, T. and Isaacson, M. : *Mechanics of wave forces on offshore structures*. Van Nostrand, 1981.
- Torum, A. : *Wave forces on a pile in the surface zone. Regular, non-breaking waves*. Marintek. Report No. 1.9, Dec. 1985.
- Kjeldsen, S.P. and Aahre, A. : *Wave forces on vertical piles near the free surface caused by 2-D and 3-D breaking waves*. Marintek. Report No. 1.10, Nov. 1985.
- LIC Engineering A/S : *Bølgebelastning på cylinder i 2-D og 3-D bølger. Forsøgsbehandling*. Energiministeriet EFP 85. July 1987 (in Danish).

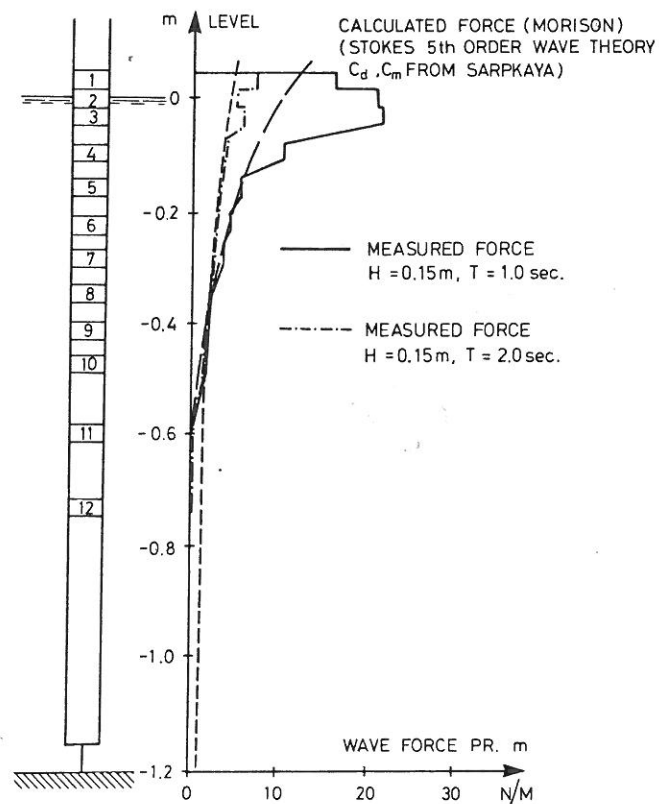


● cylinder

Figur 1. 3-D bølgebassinet på Aalborg Universitetscenter.



Figur 2. Målecylinder.



Figur 3. Sammenligning mellem målt og beregnet in-line kraftfordeling.

$H = 0,15 \text{ m}$     $T = 1,0 \text{ sec.}$     $t = 0,25 \text{ sec.}$

— målt

... beregnet vha. Morisons ligning.  
Stokes 5. ordens bølgekinematik

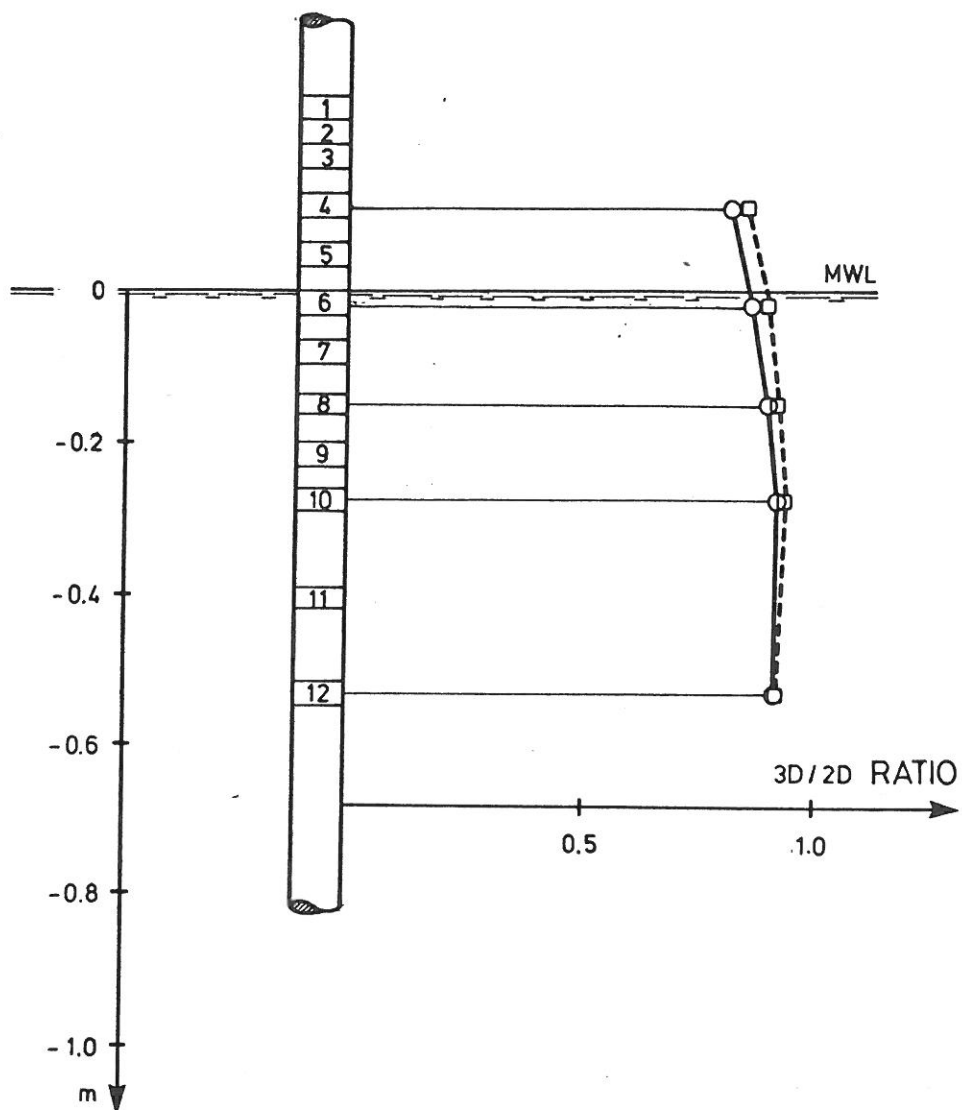
$C_d = 1,8$     $C_m = 1,0$

$H = 0,15 \text{ m}$     $T = 2,0 \text{ sec.}$     $t = 0,50 \text{ sec.}$

— målt

... beregnet vha. Morisons ligning.  
Stokes 5. ordens bølgekinematik

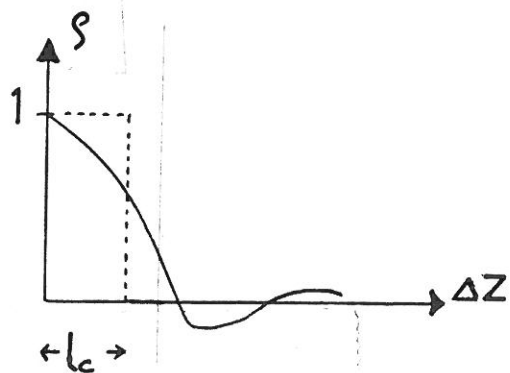
$C_d = 1,8$     $C_m = 1,0$



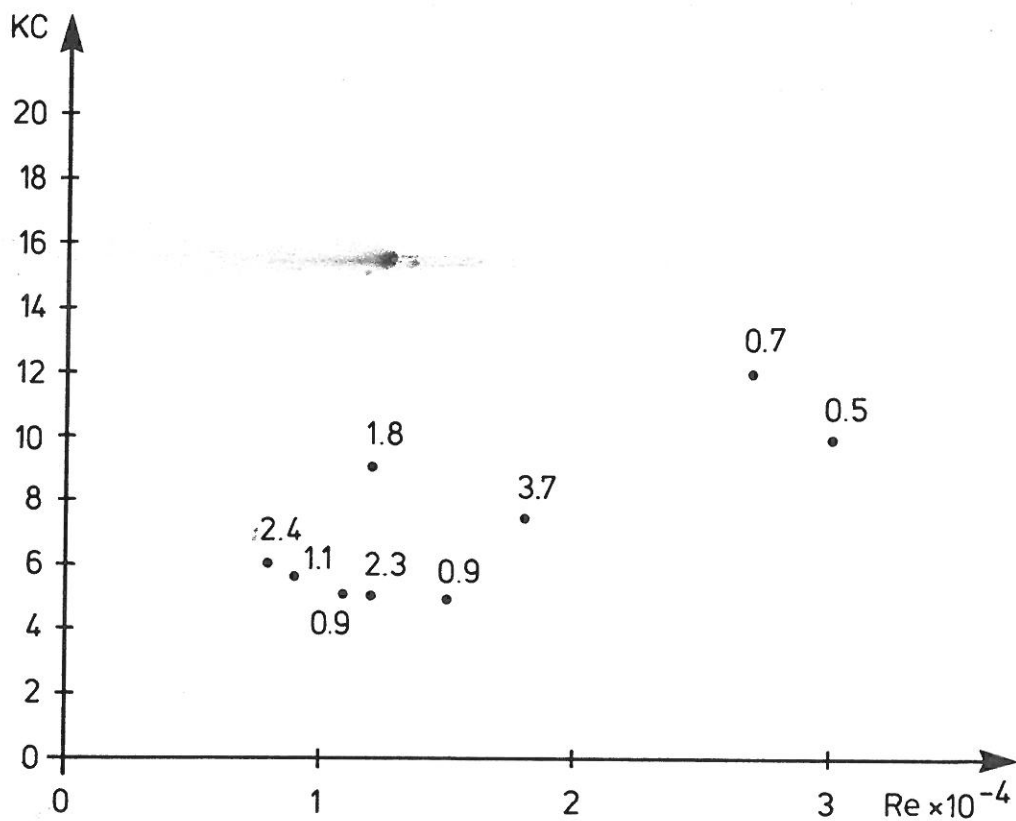
Figur 4. Forhold mellem in-line kræfter målt i 3-dimensionale bølger og målt i 2-dimensionale bølger.

- 90% fraktil.  $H_s = 0,25 \text{ m}$   
 $T_p = 2,2 \text{ sec. Vanddybde} = 3,0 \text{ m}$   
 Retningsspredningsfunktion på 3-dimensionale bølger  
 som målt i Nordsøen. (Aage et al. 1989)
- ... RMS værdier.  $H_s = 0,15 \text{ m}$   
 $T_p = 2,2 \text{ sec. Vanddybde} = 1,0 \text{ m}$   
 $\cos^2$  spredningsfunktion på  
 3-dimensionale bølger. (Frigaard og Burcharth 1988)





$10^{-4} \cdot Re$	$KC$	$l_c/D$
1.5	4.9	0.9
3.0	9.9	0.5
1.8	7.5	3.7
2.7	12.0	0.7
1.2	9.0	1.8
0.8	6.0	2.4
1.2	5.0	2.3
0.9	5.6	1.1
1.1	5.1	0.9



Figur 5. Et eksempel på den dimensionsløse korrelationslængde  $l_c/D$  fra eksperimenter i regelmæssige bølger.